

МНОГОСЛОЙНЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ С ГИГАНТСКИМ МАГНИТОРЕЗИСТИВНЫМ ЭФФЕКТОМ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В УСТРОЙСТВАХ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

*Юферов С.В., Макаров В.М., УрФУ;
Ромашев Л.Н., Миляев М.А.,
Институт физики металлов УрО РАН;
Сычуглов Е.М.,
НПК ВИП (НПО автоматики)*

В литературе [1-4] анализируются возможности и основные закономерности управления спиновым транспортом электронов проводимости в планарных магнитных наноструктурах. Рассмотрены магнитотранспортные свойства сверхрешеток из ферромагнитных и немагнитных металлов, демонстрирующих эффект гигантского магнитосопротивления, обусловленный спиновой зависимостью скорости диссипации импульса носителей заряда в ферромагнитных слоях. Описаны результаты исследования явления спиновой инжекции электронов в гетероструктурах ферромагнитный проводник/полупроводник, приводящей к формированию активной двухуровневой спиновой среды и возможности генерации излучения лазерного типа, управляемого по частоте магнитным полем. Представляются разработанные прототипы спинтронных устройств.

Многослойные магнитные наноструктуры, обладающие гигантским магнитосопротивлением (ГМС), обусловленным спиновой зависимостью времени релаксации импульса носителей заряда в ферромагнитных слоях, являются перспективными материалами для создания различного рода магнитных сенсоров. Одним из основных факторов, определяющих свойства магниторезистивных сенсоров, является магнитное упорядочение слоев, определяемое межслойным магнитным взаимодействием. Обменное взаимодействие магнитных слоев зависит от электронной структуры компонент и атомной структуры интерфейсов. Последняя является определяющим фактором в формировании биквадратичного межслойного обмена, величина которого по отношению к билинейному обмену определяет характер неколлинеарного межслойного магнитного порядка в сверхрешетке. Нами реализована возможность получения магнитных сверхрешеток Fe/Cr с управляемым неколлинеарным упорядочением магнитных моментов слоев Fe, демонстрирующих эффект гигантского магнитосопротивления. Использована технология молекулярно-лучевой эпитаксии, обеспечивающая возможность контроля за структурой магнитных нанослоев и интерфейсов на уровне атомного монослоя.

Получены и исследованы ГМС-наноструктуры со сверхтонкими слоями Fe, состоящими из слабо взаимодействующих магнитных кластеров и демонстрирующими суперпарамагнитное поведение в широкой области полей и температур. Вид зависимости электросопротивления от магнитного поля определяется степенью неколлинеарности магнитных моментов слоев. Получены наноструктуры с гигантским магнитосопротивлением, близким к линейному в широком диапазоне магнитных полей. На их основе создан прототип широкодиапа-

зонных сенсоров магнитного поля. Величина магнитосопротивления на линейном участке изменения сопротивления – до 20 % при комнатной температуре, чувствительность – 0,5 %/кЭ.

Полученные наноструктуры позволяют совершенствовать технологии учета передачи электроэнергии в высоковольтных сетях и контроля их технического состояния путем модернизации измерительных комплексов электроэнергии. Планируется разработать на базе многослойных магниточувствительных наноструктур измерители тока и напряжения для использования их вместо широко применяемых в настоящее время измерительных трансформаторов тока и напряжения (содержащих эл.-техн. стали). Это позволит значительно повысить точность измерений, а также снизить металлоемкость оборудования и потери электроэнергии в электросетях. Отметим, что магниторезистивные сенсоры уже широко применяются в различных приборах и устройствах. В последние годы продолжаются научные и технологические работы по улучшению функциональных характеристик такого типа сенсоров в широком диапазоне магнитных полей и температур. В настоящее время организации соисполнители проекта (УрФУ, ИФМ УрО РАН и НПО автоматики) проводят организационно-технические мероприятия для решения следующих задач:

- разработать на базе магниторезистивных наноструктур первичные преобразователи для измерения тока и напряжения в высоковольтных линиях электропередач (ЛЭП);
- создать электронные устройства для обработки и передачи этих сигналов в проектируемые автоматизированные информационно-измерительных системы контроля и учета электроэнергии, осуществляющих непрерывные измерения в реальном режиме времени текущих значений тока и напряжения в высоковольтных сетях, а также измерение разности фаз между напряжениями на разных концах ЛЭП;
- разработать методику диагностики технического состояния высоковольтного электрооборудования электрических сетей, прогнозирования отказов и выявления предвестников аварийных ситуаций.

Библиографический список

1. Ромашев Л.Н., Ринкевич А.Б., Устинов В.В., Ювченко А.А., Бурханов А.М. Сенсоры магнитного поля на основе сверхрешеток Fe/Cr // Дефектоскопия. 2001. № 7. С. 3-12.
2. Пат. на изобр. RU № 2316078 С1 Магниторезистивный датчик / Устинов В.В., Ромашев Л.Н., Ювченко А.А., Васьковский В.О., Турицин А.Н. Приоритет от 13.10.2006 г., дата выдачи 27 января 2008 г. Институт физики металлов УрО РАН.
3. Ринкевич А.Б., Ромашев Л.Н., Кузнецов Е.А. Измерение высокочастотного гигантского магнитосопротивления наноструктур в режиме бегущих волн // Радиотехника и электроника. 2006. Т. 51. № 1. С. 93-99.
4. Устинов В.В., Ринкевич А.Б., Ромашев Л.Н. Гигантское магнитосопротивление сверхрешеток железо/хром на сверхвысоких частотах (06;09;12) // Журн. техн. физ. 2006. Vol. 74. № 5. С. 94-100.